

Revestimientos para la protección de tubos de hormigón

José Rodríguez Soalleiro; Ingeniero de Camino, Canales y Puertos, Director Técnico de Tubos Borondo, S.A.
Pedro A. Madera Arroyo; Ingeniero de Camino, Canales y Puertos, Director Técnico de DRIZORO, S.A.U.

El hormigón armado es un material tradicionalmente utilizado en la fabricación de tuberías sin presión, tanto a sección llena como en lámina libre. Su capacidad para resistir cargas de forma duradera, hacen que el tubo de hormigón armado sea un magnífico elemento para la construcción de redes de saneamiento y drenaje, su uso más generalizado, aunque no exclusivo

Hasta hoy, no se conoce ningún material completamente inerte a la acción química y al deterioro físico. El hormigón, no es ninguna excepción, aunque bajo condiciones de exposición normales, su período de vida útil es muy largo.

Las tuberías de hormigón han tenido una vida útil muy larga, lo que puede atribuirse, entre otros factores, a la durabilidad del material y al hecho de que estén enterradas, lo que implica que la variación térmica es pequeña, no hay exposición atmosférica, los materiales próximos a las tuberías no suelen ser agresivos y los efluentes de la red de alcantarillado, salvo raras excepciones, tampoco lo son.

Los terrenos permanentemente secos no ejercen ataque alguno.

Principales factores agresivos

Los factores físicos y químicos que pueden afectar a las tuberías de hormigón y que son, en conjunto, destacables desde el punto de vista de los problemas de durabilidad aparecidos en las aplicaciones normales de este producto son:

- Sulfatos
- Ácidos
- Cloruros
- Heladas

- Velocidad-Abrasión
- Corrientes vagabundas

Ataque por sulfatos

Los Sulfatos son muy abundantes en la naturaleza y es muy probable que existan en los suelos donde están enterrados los tubos.

Los más frecuentes son los de calcio, sodio, potasio y magnesio.

El ataque por sulfatos produce expansión, rotura, fisuras descascarillamiento y pérdidas de resistencia.

La solución específica para este tipo de ataques es el uso de cementos SR con contenidos de AC3 bajos.



Además hay que reducir la permeabilidad, la absorción de agua, reducir la relación agua/cemento y utilizar hormigones con un contenido alto de cemento.

Ataque por ácidos

Cuando un ácido se encuentra en contacto con un hormigón de cemento Portland, la superficie expuesta del hormigón neutraliza el ácido que ataca.

Una cantidad dada de ácido destruirá una masa dada de hormigón, la cual es inversamente proporcional a la alcalinidad total del hormigón. Si no se añade ácido, la reacción se frena.

El ataque por ácido se puede producir desde dentro de las tuberías (por el fluido que por ella circula), o desde fuera (por el tipo de terreno que está en contacto con la tubería).

El ataque interior más común es el producido por la formación de H_2S y su posterior transformación en H_2SO_4 .

La formación del sulfhídrico se debe básicamente a la descomposición de los depósitos orgánicos en conducciones de escasa pendiente con temperaturas elevadas y mal ventiladas.

El riesgo de formación de sulfhídrico es fácilmente evaluable (ver anejo de la UNE 127 010). En el caso que este riesgo sea real existe un método de cálculo que nos permite saber la cantidad de hormigón que el ácido descompone para su neutralización.

De esta manera se evalúa un espesor de sacrificio que hay que añadir al recubrimiento de las armaduras, y que es función de la concentración

de ácido, del período de vida útil estimado y de la alcalinidad del hormigón.

Cuando aparece un problema de ataque de ácidos, tanto interior como exterior, se aconseja:

- Usar un hormigón con baja permeabilidad
- Utilizar áridos calizos para aumentar la alcalinidad
- Aumentar el recubrimiento del hormigón con un espesor de sacrificio
- Utilizar recubrimientos protectores.

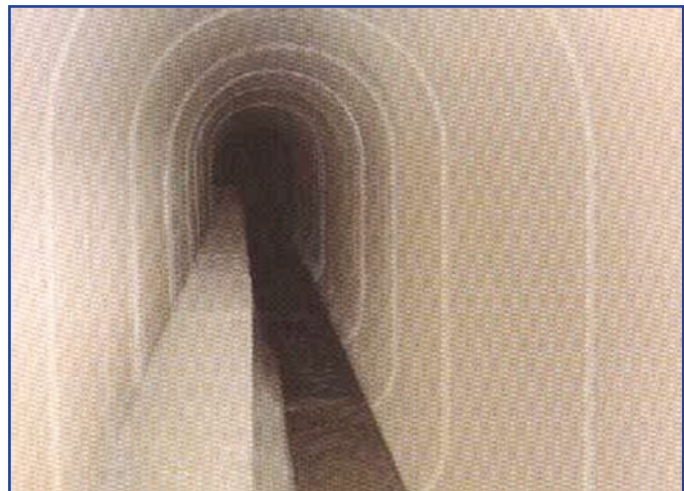
Ataque por cloruros

El efecto más perjudicial del ataque de cloruros es la posible corrosión de las armaduras.

El hormigón de cemento Portland protege los redondos de acero de la corrosión. La protección es un fenómeno electroquímico, en el que la alta alcalinidad del hormigón, con un pH alrededor de 12, pasiva el acero. Este efecto permanece con valores de pH superiores a 10, incluso en presencia de oxígeno libre.

El ión cloro es capaz de romper la película oxidica que produce la pasivación del acero. Para prevenir los fenómenos de corrosión debidos al ataque de cloruros, se dan las siguientes recomendaciones:

- Usar hormigones con baja permeabilidad
- Evitar fisuras y grietas en el hormigón
- Aumentar el recubrimiento de las armaduras
- Uso de recubrimientos protectores



Heladas

Este es un fenómeno poco significativo en los tubos enterrados, no obstante en el caso de riesgo se aconseja el uso de hormigones muy compactos.



Velocidad-abrasión

La velocidad no es en sí un problema para las redes de alcantarillado, mientras el efluente no tenga sólidos en suspensión. Son estos los que producen la erosión del hormigón de los tubos. En sistemas de alcantarillados en los que el efluente no tenga arenas, la velocidad máxima de diseño es de 3 m/s, admitiéndose esporádicamente valores de hasta 6 m/s.

Si el efluente contiene arenas, la velocidad de diseño debe reducirse a 2-3 m/s para evitar problemas de erosión.

La principal recomendación para evitar estos problemas en los tubos es utilizar áridos de dureza superior a la de las partículas en suspensión y una cantidad de cemento superior a la de las situaciones habituales.

Tratamiento de la durabilidad en la norma UNE 127 916

La Norma UNE 127 916 da en sus apartados 4.3.8 y 4.3.9 las condiciones de uso de los tubos de hormigón y prescribe las medidas a tomar para garantizar su durabilidad en esas condiciones.

Ahí se recoge que las condiciones de uso más comunes de los tubos de hormigón son las que corresponden a la clase general de exposición no correspondiente a un ataque químico específico.

Define un ambiente con ataque químico débil y un ataque químico medio, dando valores de concentraciones tanto en efluentes como del suelo.

Luego en el apartado 4.3.9 especifica valores para estos dos tipos de ataque y para el caso de que no exista un ambiente químico específico en las características siguientes:

- Resistencia del hormigón
- Absorción de agua
- Mínimo contenido de Cemento
- Tipo de cemento
- Alcalinidad y
- Recubrimientos

Para condiciones más duras hay que acudir al uso de recubrimientos protectores.



Revestimiento de protección del hormigón

Los revestimientos de protección permiten una mejora de la resistencia química y/o física del hormigón. Son sistemas continuos de aplicación in situ que mejoran una o varias características superficiales del hormigón.

Habitualmente formados por productos líquidos en base a poliuretano, resinas epoxi o polímeros acrílicos. Presentan la gran ventaja de poderse aplicar en continuo. Los productos, una vez aplicados directamente sobre la superficie, polimerizan creando una membrana continua y completamente adherida que se adapta a la forma del soporte como un traje a medida.

Las membranas líquidas permiten una gran adaptabilidad a las condiciones de obra, sus características pueden ser modificadas hasta conseguir elevadas elasticidades sin perder prácticamente las propiedades de resistencia física que precisan para soportar las cargas a las que están sometidas. Además, son capaces de soportar un amplio rango de temperaturas manteniendo su elasticidad y propiedades de impermeabilidad. Debido a su sistema de aplicación se adaptan a cualquier superficie por complicadas que sean las formas y permiten su aplicación tanto en verticales y techos con total facilidad. Al ser materiales totalmente adheridos al soporte en caso de fallo puntual no permiten que el agua circule entre la impermeabilización y el soporte por lo que la reparación es sencilla aplicando una capa nueva de material líquido sobre la zona afectada.

Para lograr la creación de la membrana de impermeabilización y protección, los productos que se aplican al principio de forma líquida tienen que reaccionar y endurecer. Este proceso, que se conoce como polimerizando, consiste en la unión de moléculas sencillas que o bien se encuentran separadas cuando el producto es líquido mediante disolvente o bien endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o "endurecedor", para formar los polímeros, moléculas más grandes y complejas, de consistencia sólida.

Los requisitos que se piden a estas membranas son básicamente dos, el primero es que mantengan la impermeabilidad durante la vida útil de servicio, para lograr este requisito además de ser materiales impermeables tienen que ser

capaces de mantener la impermeabilidad durante su servicio. El segundo requisito y el más crítico es la durabilidad. La durabilidad condiciona los sistemas a utilizar, deben ser capaces de resistir los ataques por agentes físicos como la abrasión y la erosión, las dilataciones y contracciones del soporte, la microfisuración, las cargas a las que están sometido, etc. manteniendo sus características en el tiempo.

La durabilidad es fundamental, por este motivo se deben utilizar polímeros de alta resistencia mecánica con importantes valores de elasticidad.

Revestimientos en base a poliuretano

Los poliuretanos están compuestos por polioles e isocianatos que crean polímeros que cumplen con las exigencias necesarias incluso para condiciones de abrasión intensa.

Fundamentalmente se pueden dividir entre poliuretanos aromáticos y alifáticos. Los poliuretanos aromáticos son utilizados en interiores o en estructuras enterradas por su buena resistencia química y bajo coste con respecto a los poliuretanos alifáticos, que están más recomendados para aplicaciones exteriores por su buena resistencia a los rayos ultravioletas y a las condiciones atmosféricas.



Revestimientos en base a resinas epoxídicas

La resina epoxi es un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o "endurecedor". Las resinas epoxi habituales son producto de una reacción entre epoclorhidrina y bisfenol-a.

Las formulaciones epoxi curan a temperatura ambiente convirtiéndose en plásticos sólidos de alta resistencia. En función del tipo de resina epoxi y en endurecedor se pueden conseguir



diferentes formulaciones en las que difieren los tiempos de vida de la mezcla, el tiempo de curado, su resistencia, color, viscosidad y propiedades específicas según las adiciones realizadas.

Revestimientos en base a cementos modificados con polímeros

Estos productos consisten en un componente líquido en base a resinas sintéticas y un componente en polvo mezcla de cementos, aditivos



especiales y áridos de granulometría controlada. Mezclados los dos componentes y amasados, el mortero es aplicado sobre el hormigón. Una vez curado, forma una membrana continua con propiedades impermeabilizantes con capacidad de resistir presiones de trabajo de 9 bar a presión directa y de 3 bar a contrapresión.

Son productos que gozan de buenas propiedades de adherencia al hormigón, resistencias físicas ligeramente inferiores y buena resistencia química al contacto con aguas residuales, aguas con alto contenido en sulfatos y aguas puras.

	R. Química		R. Física		
	Sulfatos	Ácidos	Hielo-Desh.	Abrasión	Impacto
Poliuretanos rígidos	5	5	5	5	4
Poliuretanos elásticos	5	4	5	3	5
Resinas epoxídicas	5	4	5	4	4
Epoxi modificadas con betunes	5	3	5	3	3
Morteros poliméricos flexibles	4	2	4	2	3
Hormigón SR/MR	2	1	2	2	3

Tabla 1. Comparativa de resistencias

Valores cualitativos. 5 Máximo - 1 Mínimo

En la tabla 1 aparece una comparativa de los anteriores productos descritos.

Norma UNE 104309-1 Materiales líquidos para impermeabilización de conducciones

La Norma UNE 104309 parte I “Materiales líquidos para la impermeabilización de conducciones empleadas en obras hidráulicas”, establece las definiciones, clasificación, designación, características y métodos de ensayo a cumplir por los revestimientos continuos adheridos de aplicación líquida para impermeabilización y protección de conducciones en régimen libre o forzado construidos con materiales no metálicos.

La Norma 104309-1 es aplicable a canales, acequias y tuberías para el transporte de agua bruta, potable o residual y clasifica a los materiales en cuatro grupos:

Tipo A: Para conducciones enterradas en toda su sección

Tipo B: Para conducciones enterradas sin cubierta

Tipo C: Para conducciones no enterradas

Tipo D: Para conducciones no enterradas sin cubierta

Las características que deben cumplir cada tipo de material se recogen en la Tabla 2.

	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
Predosificado	e	e	e	e
Adherencia al soporte	> 1,5 MPa			
Impermeabilidad presión positiva	e	e	e	e
Impermeabilidad presión negativa	e	e	No necesario	No necesario
Absorción de agua	< 2% a 24 h < 4% a 144 h			
Resistencia a la abrasión. UNE 48250 Muela CS-17 P= 1 kg 500 ciclos	Pérdida de peso < 5 mg/100 ciclos			
Puenteo de fisuras	> 0,5 mm			
Alargamiento en rotura UNE 53510	> 50%			
Envejecimiento por rayos UVA UNE 104302. Disminución de Adherencia y abrasión	No necesario	< 15%	No necesario	< 15%
Resistencia a cambios térmicos. Disminución de Adherencia y abrasión	No necesario	< 15%	No necesario	< 15%
Resistencia penetración de gases (CO ₂)	Capa de aire equivalente > 60 m			
Resistencia química al agua UNE-EN ISO 175 Adherencia, abrasión, permeabilidad	En función del tipo de agua a contener Disminución de propiedades < 15%			
Calidad alimentaria	En función del tipo de agua a contener Agua potable: RD 140/2003			

Tabla 2. Características a cumplir por cada tipo de material

Puesta en obra de revestimientos

Preparación del soporte

Tiene por objeto eliminar las sustancias existentes en la superficie a impermeabilizar que disminuyen o impiden la adherencia del material a aplicar. La superficie debe encontrarse limpia y libre de polvo, grasa, aceite, aceites desencofrantes, manchas de óxido, pintura, formaciones orgánicas, eflorescencias, restos de lechada, tratamientos anteriores, etc.

Preparación del material

Cuando son materiales monocomponentes, simplemente se deben homogeneizar mediante agitación moderada para uniformizar las cargas y las adiciones.

En el caso de materiales multicomponentes, se presentan en envases predosificados que deben ser mezclados en su totalidad siguiendo las normas indicadas por el fabricante. Verter los componentes en un recipiente de mayor capacidad que la suma de los volúmenes de los componentes y mezclar mediante agitador de bajas revoluciones hasta obtener una mezcla de textura y color homogéneo.

Condiciones ambientales de aplicación

El material se aplicará cuando las condiciones de humedad y temperatura del ambiente y el soporte estén dentro del rango indicado por el fabricante.

Aplicación

La aplicación no debe ser realizada hasta que el soporte no hay alcanzado una edad de 28 días salvo indicación expresa del fabricante.

Se debe asegurar que el soporte está correctamente preparado y que las operaciones en tajos cercanos no ensucien la superficie una vez preparada y antes de la aplicación del revestimiento.

Se realizará la aplicación inmediatamente después del mezclado y homogeneización del material observando el tiempo de vida de la mezcla que será función de la temperatura y humedad ambiental. La aplicación, en una jornada de trabajo terminara en un plano perpendicular al eje de la conducción siendo deseable que coincida con una junta de montaje.

La aplicación de la segunda y las sucesivas capas se realizará dentro del intervalo comprendido entre el tiempo de espera entre capas y el tiempo máximo entre capas.

En caso de aplicaciones en estructuras enterradas, se deberá proporcionar iluminación artificial suficiente para que la aplicación se realice sin zonas de sombra ni penumbra.

